

# **Eksplorasi Fasade yang Dinamis dengan Material *Alumunium Composite Panel* pada Bangunan MOG di Malang**

**Lavica Vioveta<sup>1</sup>, Herry Santosa<sup>2</sup>, Wasiska Iyati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jurusan Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya*

<sup>2</sup>*Dosen Jurusan Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya*

*Alamat Email Penulis: lavicavioveta@gmail.com*

## **ABSTRAK**

Perkembangan arsitektur saat ini mengarah pada arsitektur modern yang menuntut kompleksitas desain dan bentuk arsitektur pada konsep bangunan khususnya fasade sebagai elemen visual bangunan. Hal ini mempengaruhi seorang arsitektur dalam memaksimalkan eksplorasi dengan desain parametrik untuk mencapai kompleksitas bentuk yang terkontrol dan menarik. Penelitian ini mengambil studi kasus *Mal Olympic Garden* (MOG) yang merupakan pusat perbelanjaan terbesar di Malang – Jawa Timur sebagai sarana hiburan dan kebutuhan masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk eksplorasi fasade yang dinamis menggunakan metode parametrik arsitektur dengan material *alumunium composite panel* seefektif mungkin, sehingga dapat diterapkan dalam perancangan pusat perbelanjaan menjadi lebih inovatif dan kreatif pada tampilan arsitekturalnya. Metode yang digunakan adalah parametrik arsitektur dengan proses pemikiran algoritmik yang menghasilkan ekspresi dari parameter desain. Parameter yang digunakan mulai dari geometri dasar panel segi enam, segi lima dan segi tiga, dimensi panel, susunan organisasi bentuk, sudut kemiringan, jarak antar fasade, dan komposisi warna. Hasil penelitian ini mengarah pada beberapa rekomendasi desain fasade yang dinilai melalui kuesioner dengan metode preferensi semantik diferensial terhadap variabel bentuk dinamis. Spesifikasi rekomendasi desain fasade yang terpilih adalah susunan bentuk geometri segi enam dan segi tiga sama sisi dengan organisasi cluster, radial, terpusat serta permainan jarak fasade mulai dari 50cm hingga 2m.

**Kata Kunci:** Fasade, *alumunium composite panel*, dinamis

## **ABSTRACT**

The current architecture development leads to modern architecture that demanding design complexity from architectural form in construction concept especially facade as the structure's visual element. This is impacting an architect to maximizing the exploration of parametric design to achieve the appealing and controlled complexity form. This research took case study of *Mal Olympic Garden* (MOG) as the biggest shopping center in Malang, East Java as the entertainment facility and public place. The purpose of this research is to proceed the dynamic facade creativity exploration by using architecture parametric method with *alumunium composite panel* material as effective as it could be applied in shopping center design to be more innovative and creative in its architectural looks. The method used is architecture parametric with algorithmic concept which product expression from design parametric. Parameters used ranging from basic geometric hexagon, pentagon and triangle panel, dimentions of panel, organizational structure forms, tilt angle, distance between the facade and color composition. The outcame from this research conduct to some facade design recommendation which rated from questionnaire with differential semantic preference methods to dynamic figure variables. The chosen facade design recommendation specification is geometrical composition of hexagon and triangle with cluster

*organization, radial, centered and as well as back and forth facade composition ranging from 50cm to 2m.*

*Keywords: facade, aluminum composite panel, dynamic*

## **1. Pendahuluan**

Perkembangan arsitektur saat ini mengarah pada arsitektur kontemporer yang sangat dipengaruhi oleh arsitektur modern. Kompleksitas sebuah desain dan bentuk-bentuk arsitektur mulai dituntut dalam arsitektur modern. Arsitektur terkini memasuki era desain parametrik yang menggabungkan geometri bentuk dengan parameter desain. Gerber (2007) beranggapan bahwa seorang arsitek harus selalu menghasilkan model parametrik karena semua desain awal mulanya diperoleh dari parameter. Penentuan parameter desain untuk menentukan konsep awal dan memudahkan seorang arsitek dalam menghasilkan alternatif desain yang beragam namun memiliki batasan-batasan.

Dalam dunia arsitektur tampilan bangunan merupakan salah satu elemen penting karena sebuah tampilan dapat menjadi sarana komunikasi penyampaian fungsi sebuah bangunan. Dalam perancangan tampilan atau fasade bangunan perlu hasil yang menarik dengan bentuk yang dinamis untuk menyatukan antara ruang luar dengan ruang dalamnya. Pada buku karya Bansal (2005) *A Textbook Of Theory Of Machines*, disebutkan bahwa *dynamic* terbagi menjadi *kinetics*/gerak dan *statics*/diam. Kriteria bentuk dinamis menurut para ahli Ching (1996), Wahid (2013), Fisher (2010), Furuhiho (2005) dan Atmadjaja (1999) yang telah diringkas menjadi kata kunci adalah bergelombang, bervariasi, modern, unik dan asimetri. Arsitektur parametrik sangat membantu dalam menghasilkan berbagai variasi bentuk, hal ini sangat mendukung dalam menciptakan sebuah bentuk yang dinamis.

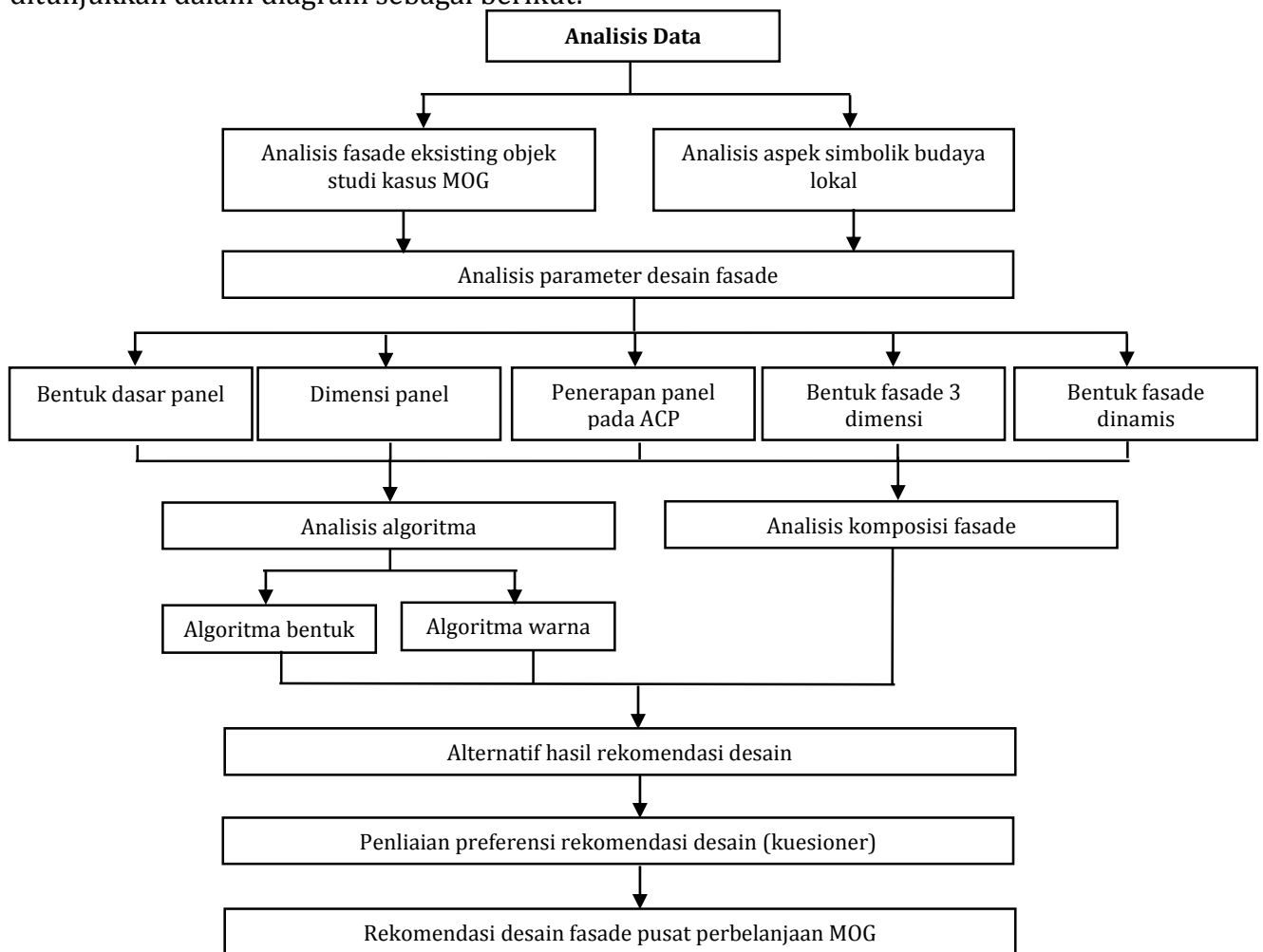
Material baru yang sedang banyak digunakan pada bangunan pribadi maupun komersial saat ini adalah *aluminium composite panel* (ACP). Material ACP merupakan material campuran antara bahan *polyethylene* (PE) dan aluminium yang disusun berlapis pada kedua sisi PE kemudian proses pengecatan menggunakan teknologi coating PVDF yang dapat bertahan dalam jangka waktu lama. Keunggulan ACP adalah sifat material yang ringan, mudah diproses (pemotongan, pengeboran, pemangkasan), biaya terjangkau, mudah dalam hal pemeliharaan dan memiliki banyak variasi warna untuk mendukung estetika sebuah bangunan, Kenbae (2013).

Salah satu bangunan publik yang menjadi kebutuhan utama masyarakat saat ini adalah pusat perbelanjaan modern atau yang biasa disebut sebagai mall. Pertimbangan pemilihan studi kasus *Mal Olympic Garden* ditinjau dari tampilan fasade bangunan yang sudah mulai diabaikan, seperti dinding fasade yang mulai memudar dan mengelupas hingga ruang untuk papan reklame yang sudah rusak. Selain itu pemilihan studi kasus juga melihat bentuk fasade MOG yang pada dasarnya sudah menarik dengan bentuk lengkungan di ujung jalan namun kurang terlihat hidup dan dinamis.

## **2. Metode**

Penelitian ini menggunakan metode parametrik arsitektur melalui proses pemikiran algoritmik dengan menghasilkan ekspresi model parametrik dari parameter yang ditentukan. Kajian ini fokus pada eksplorasi fasade yang dinamis statis atau diam dari bentukan dasar disusun menjadi bentuk fasade 3 dimensi. Tahapan analisis diawali dengan analisis objek eksisting yaitu MOG. Dimulai dari kondisi eksisting bangunan

kemudian analisis fasade bangunan yang meliputi analisis fasade, analisis material fasade, analisis bentuk geometri fasade dan analisis luas permukaan fasade. Tahap selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan parameter desain sebagaimana yang ditunjukkan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 1. Analisis data

Hasil penelitian ini mengarah pada beberapa rekomendasi desain fasade yang dinilai melalui kuesioner dengan metode preferensi semantik diferensial terhadap variabel bentuk dinamis. Kuesioner disebarikan kepada masyarakat, praktisi dibidang arsitektur dan dosen arsitektur.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Lokasi dan Kondisi Eksisting Objek Studi

*Mal Olympic Garden* (MOG) menjadi objek studi kasus pada penelitian ini. MOG merupakan mall terbesar di Kota Malang yang terletak di Jalan Kawi no.24, Malang. MOG dibangun di kawasan stadion dan arena olahraga di Kota Malang. Pemeliharaan fasadenya akhir-akhir ini jarang diperhatikan, seperti dinding fasade yang mulai memudar dan mengelupas serta ruang untuk papan reklame yang sudah mulai rusak.

Penampang fasade yang paling luas menggunakan material beton dengan *finishing* cat tembok, kelebihan dari material ini memang memiliki kekuatan terhadap tekanan tinggi dan tahan lama. Namun kombinasi material beton dengan cat tembok dapat

dikatakan kurang pas jika diterapkan pada eksterior bangunan, apalagi diletakkan pada penampang fasade yang cenderung lengkung. Jadi dampak yang dihasilkan jika perawatan fasade tidak rutin adalah terjadi pemuatan cat sehingga terlihat seperti retakan-retakan yang muncul pada permukaan fasade.

Selain menggunakan material beton, penampang fasade pada bagian depan dan belakang MOG menggunakan material kaca. Penggunaan material kaca sebagai fasade di MOG ini salah satunya ditujukan sebagai pendukung pencahayaan. Namun perawatan material kaca juga harus dilakukan secara rutin karena kaca rentan terhadap larutan asam basa, iklim dan cuaca sehingga jika terlalu lembab dapat menyebabkan warna permukaan kaca cepat kusam.



Gambar 2. Kondisi eksisting MOG

### 3.2. Analisis Aspek Simbolik Budaya Lokal

Dilihat dari nama bangunannya, MOG (*Mal Olympic Garden*) ingin menampilkan keterkaitannya dengan stadion Gajayana yaitu terdapat nama *olympic* yang artinya adalah kompetisi dibidang olahraga. Oleh karena itu penulis ingin mengangkat budaya *olympic* yang lebih mengarah pada “olahraga” untuk konsep perancangan desain fasade bangunan MOG yang bertujuan mengangkat kembali kawasan stadion Gajayana sebagai area olahraga.

Penulis menggunakan teori mengenai organisasi bentuk untuk memulai sebuah susunan bentuk yang menghasilkan berbagai alternatif. Organisasi bentuk yang akan digunakan dikaitkan dengan “olahraga” yang mengarah pada suatu “gerakan dinamis”. Organisasi susunan bentuk yang akan digunakan sebagai dasar penyusunan adalah terpusat, linear, radial, cluster dan grid.

### 3.3. Strategi Permodelan

Parameter desain fasade ditentukan secara bertahap hingga tersusun algoritma bentuk dan warnanya. Berikut adalah strategi permodelan parameter desain fasade:

**Tabel 1. Strategi permodelan**

No	Tahap analisis	Fungsi	Hasil
1	<b>Parameter bentuk geometri dasar panel fasade</b>	Digunakan sebagai langkah awal memulai uji permodelan dengan menentukan parameter bentuk geometri yang akan diterapkan pada fasade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk geometri</li> <li>Parameter bentuk berdasarkan aspek simbolik budaya lokal</li> <li>Alternatif susunan bentuk geometri</li> <li>Parameter susunan bentuk berdasarkan interpretasi kode bentuk dari aspek simbolik</li> </ul>
2	<b>Parameter dimensi panel fasade</b>	Digunakan sebagai parameter visual sudut pandang manusia dan keefisienan penggunaan material	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parameter dimensi panel berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sudut pandang manusia</li> <li>Dimensi material ACP</li> </ul> </li> </ul>
3	<b>Parameter penerapan panel pada ACP</b>	Digunakan sebagai parameter keefisienan penggunaan material dengan persentase tertinggi pada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Susunan bentuk terefisien terhadap dimensi lembar ACP</li> </ul>

No	Tahap analisis	Fungsi	Hasil
		beberapa alternatif bentuk per lembar ACP	
4	<b>Parameter bentuk fasade 3 dimensi</b>	Digunakan sebagai pengembangan bentuk, irama, tekstur serta visual untuk mencapai bentuk dinamis sehingga lebih menarik perhatian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sudut kemiringan kanan-kiri Bidang berderet, parameter sudut berdasarkan visual arah lintas dan pandang manusia</li> <li>• Sudut kemiringan timbul ke depan, Bidang pembentuk ruang, parameter sudut berdasarkan visual sudut pandang manusia</li> <li>• Jarak fasade/maju-mundur Ketebalan bidang, parameter jarak berdasarkan teori Poirazis (2004.)</li> </ul>
5	<b>Parameter bentuk fasade yang dinamis</b>	Digunakan sebagai parameter penentu bentuk yang dinamis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parameter dinamis berdasarkan semantik kata dari teori para ahli <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bergelombang</li> <li>- Bervariasi</li> <li>- Modern</li> <li>- Unik</li> <li>- Asimetri</li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Algoritma bentuk dan warna</b>	Digunakan sebagai pemetaan variasi bentuk dan warna yang akan diterapkan pada alternatif desain fasade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algoritma bentuk berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bentuk geometri dasar panel</li> <li>- Susunan bentuk geometri</li> <li>- Dimensi panel</li> <li>- Sudut kemiringan panel</li> <li>- Jarak panel</li> <li>- Bentuk dinamis</li> </ul> </li> <li>• Algoritma warna berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Susunan bentuk geometri</li> <li>- Bentuk dinamis</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Komposisi fasade</b>	Digunakan sebagai rencana komposisi fasade keseluruhan pada bangunan MOG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komposisi fasade yang melibatkan tekstur, keseimbangan dan irama</li> </ul>

Dari tahap-tahap strategi permodelan pada tabel 3.3. diuraikan sebagai berikut:

### 3.3.1. Parameter bentuk geometri dasar panel fasade

#### a. Bentuk geometri

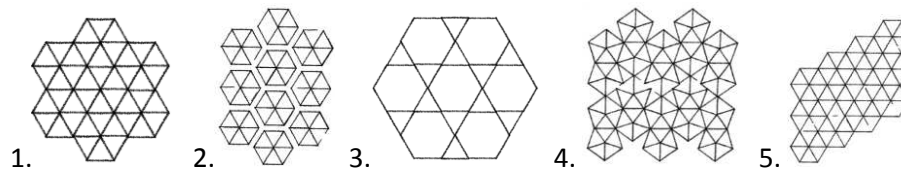
Penentuan parameter bentuk dasar fasade tetap dikaitkan dengan aspek simboliknya yaitu olahraga. Penulis menggunakan objek bola sepak sebagai penentu bentuk geometri dasar. Bentuk dasar yang akan diambil adalah bentuk segi lima dan segi enam dari panel bola sepak. Bentuk segi enam dan segi lima memiliki bentuk dasar yang tersusun dari bentuk segi tiga, sehingga dapat menciptakan alternatif penyusunan bentuk yang berbeda.



Gambar 3. Bentuk geometri dasar

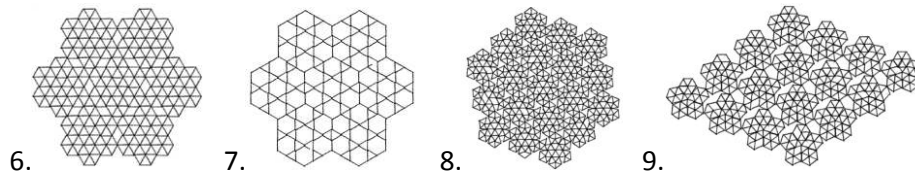
#### b. Alternatif susunan bentuk geometri

Alternatif 1 bentuk cluster, alternatif 2 bentuk radial, alternatif 3 bentuk terpusat, alternatif 4 bentuk linier dan alternatif 5 bentuk grid.



Gambar 4. Alternatif bentuk 1,2,3,4 dan 5

Alternatif 6 bentuk cluster-radial, alternatif 7 bentuk cluster-radial-terpusat, alternatif 8 bentuk cluster-radial-terpusat-linier, dan alternatif 9 bentuk cluster-radial-terpusat-grid.



Gambar 5. Alternatif bentuk 6,7,8 dan 9

### 3.3.2. *Parameter dimensi panel fasade*

Penentuan dimensi panel berdasarkan sudut pandang visual manusia dan ukuran material ACP. Ukuran sisi panel ditentukan dari pandangan intensif manusia pada titik objek (0,8-1,2m) dan dari fpb dimensi material, angka yang paling mendekati adalah 50cm dan 100cm. Panel yang berukuran 100cm jika dibandingkan dengan titik intensif pandangan mata manusia susunan bentuknya dapat dijangkau dan terlihat pola susunannya. Secara proses pemotongan dan pemasangan material juga lebih mempersingkat waktu karena dimensi panel yang dinilai seimbang dengan permukaan fasadnya. Sehingga penentuan dimensi panel menggunakan ukuran 100cm pada setiap sisi segi tiga maupun segi lima dan enam.

### 3.3.3. *Parameter penerapan panel pada ACP*

Dari hasil analisis 9 alternatif bentuk dasar dapat diambil kesimpulan susunan bentuk dengan prosentase penggunaan material yang efisien ketika diterapkan pada material ACP, yaitu:

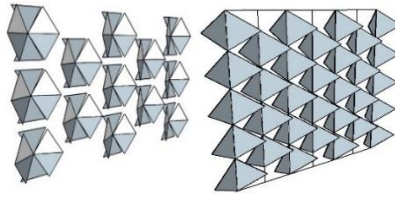
- Alternatif bentuk 1 dan 2 dengan persentase 76% pada setiap lembar ACP
- Alternatif bentuk 3 dan 7 dengan persentase 76% pada setiap lembar ACP
- Alternatif bentuk 5 dan 6 dengan persentase 76% pada setiap lembar ACP
- Alternatif bentuk 8 dengan persentase 72% pada setiap lembar ACP

### 3.3.4. *Parameter bentuk fasade 3 dimensi*

Untuk mencapai bentuk fasade yang dinamis dari bentuk 2 dimensi pada alternatif bentuk menjadi bentuk 3 dimensi, maka panel-panel tersebut disusun berdasarkan teori nirmana trimatra.

- Sudut kemiringan kanan-kiri (bidang berderet)

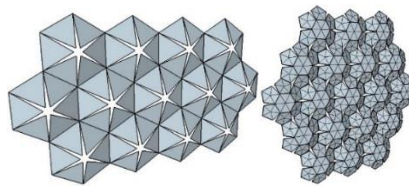
Penentuan besar sudut kemiringan panel berdasarkan pertimbangan arah lintasan manusia saat berkendara maupun berjalan kaki. Sudut kemiringan maksimal panel fasade yang paling efisien menurut hasil analisis pada sudut pandang adalah 30°.



Gambar 6. Alternatif bentuk 2 dan 5

b. Sudut kemiringan timbul ke depan (bidang pembentuk ruang)

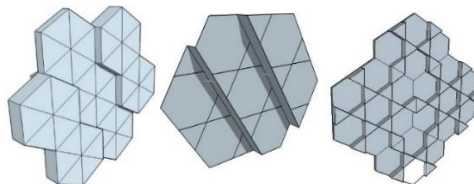
Pertimbangan menentukan besar sudut kemiringan panel berdasarkan sudut pandang horizontal dan vertikal mata manusia saat berdiri di depan maupun di samping bangunan untuk memaksimalkan visual fasade. Sudut kemiringan maksimal panel yang akan digunakan menurut hasil analisis adalah sudutnya 30°.



Gambar 7. Alternatif bentuk 6 dan 8

c. Jarak fasade/maju-mundur (ketebalan bidang)

Menurut Poirazis (2004) jarak yang digunakan antara lapisan fasade dalam dan lapisan fasade luar adalah 20cm – 2m. Jadi jarak antar fasade yang akan diterapkan pada alternatif bentuk fasade maksimal 200cm dengan kombinasi jarak minimal 20cm agar terlihat permainan maju mundur fasadenya.



Gambar 8. Alternatif bentuk 1,3 dan 7

### 3.3.5. Parameter bentuk fasade yang dinamis berdasarkan semantik kata dari teori para ahli

**Tabel 2. Semantik kata dinamis**

	Teori	Kata kunci	Semantik kata (variabel)
Francis D.K. Ching, 1996	Bentuk lingkaran, cenderung memusat/radial	Lingkaran	Gelombang
Julaihi Wahid dan Bhakti Alamsyah, 2013	Bentuk modern kontemporer dengan pemahaman teknologi struktur dan material serta pemahaman karakter juga susunan bentuk yang bervariasi	Lengkung	
David fisher, 2010	Mengarah pada arsitektur dengan teknologi modern	Memusat	Variasi
Furuhitho , 2005	Bentuk tidak beraturan tersusun dari bentuk beraturan yang mengalami aditif atau subtraktif membentuk sebuah komposisi yang variatif	Radial	
Jolanda Srisusana Atmadjaja dan Meydian Sartika Dewi, 1999	Bentuk dengan keseimbangan asimetri atau simetri imajinatif, berirama dan memiliki pusat perhatian	Bervariasi	Modern
		Modern	
		Teknologi materal	Unik
		Karakter	
		Irama	Asimetri
		Tekanan/pusat perhatian	
		Tidak beraturan	
		Asimetri	

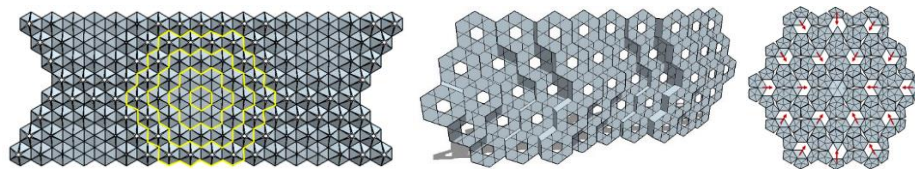
(Sumber: Hasil analisis, 2016)



Berikut ini adalah hasil alternatif bentuk yang telah diciptakan berdasarkan bentuk yang dinamis.



Gambar 9. Alternatif bentuk 1,2 dan 5



Gambar 10. Alternatif bentuk 6,7 dan 8

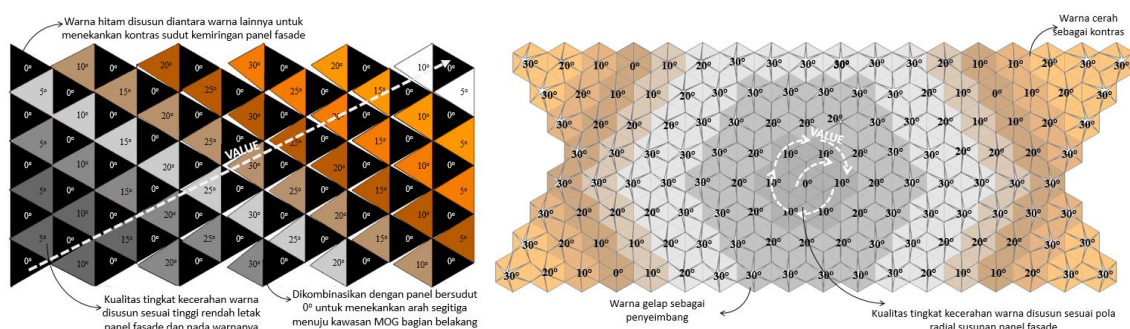
Analisis terhadap 6 alternatif bentuk berdasarkan material ACP, visual fasade dan analisis terhadap lingkungan (udara dan cahaya yang masuk ke dalam bangunan) menghasilkan beberapa alternatif yang akan menjadi rekomendasi desain fasade bangunan MOG. Pada alternatif 1 dan 2 memiliki beberapa kekurangan baik pada visual maupun analisis terhadap lingkungan. Oleh karena itu alternatif yang akan dijadikan rekomendasi desain fasade adalah sebagai berikut:

- Alternatif 5 menjadi rekomendasi desain 1
- Alternatif 6 menjadi rekomendasi desain 2
- Alternatif 7 menjadi rekomendasi desain 3
- Alternatif 8 menjadi rekomendasi desain 4

### 3.3.6. Algoritma bentuk dan warna

#### a. Rekomendasi desain 1 dan 2

Susunan kombinasi sudut kemiringan pada panel rekomendasi 1 dan 2 digunakan rumus deret aritmatika dengan parameter  $30^\circ$  sebagai dasarnya. Rekomendasi 1 menggunakan deretan angka 5,10,15,20,25 dan 30 sedangkan rekomendasi 2 menggunakan deretan angka 10,20 dan 30.



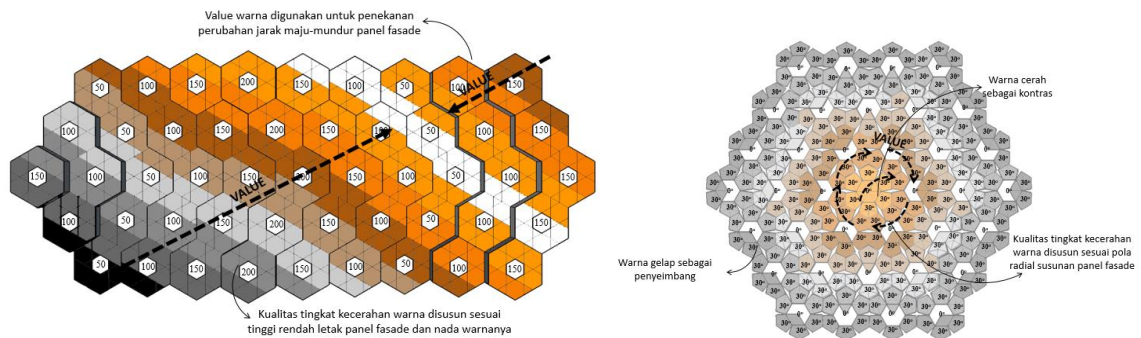
Gambar 11. Algoritma desain 1 dan 2

#### b. Rekomendasi desain 3 dan 4

Susunan kombinasi jarak maju mundur fasade pada panel rekomendasi 3 digunakan rumus deret aritmatika dengan parameter 200mm sebagai dasarnya. Rekomendasi 3 menggunakan deretan angka 50,100,150, dan 200 sedangkan



rekomendasi 4 menggunakan angka terkecil dan terbesar dari parameter yang telah ditentukan yaitu  $0^\circ$  dan  $30^\circ$ .



Gambar 12. Algoritma desain 3 dan 4

### 3.4. Hasil alternatif rekomendasi desain

Spesifikasi rekomendasi desain fasade 1 adalah susunan bentuk geometri segi tiga sama sisi dengan organisasi cluster, grid, radial serta permainan fasade yang berderet. Spesifikasi rekomendasi desain fasade 2 adalah susunan bentuk geometri segi tiga sama sisi dengan organisasi cluster, radial serta permainan fasade yang membentuk ruang.



Gambar 13. Hasil desain 1 dan 2

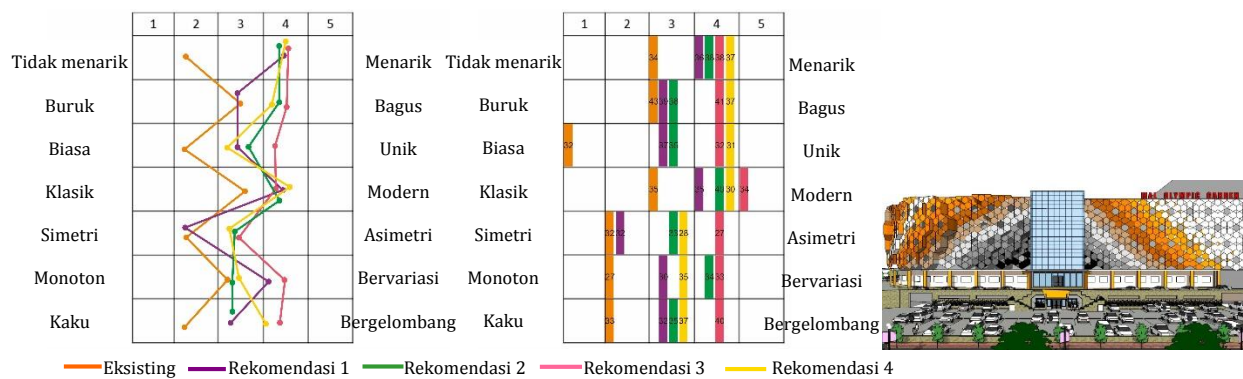
Spesifikasi rekomendasi desain fasade 3 adalah susunan bentuk geometri segi enam dan segi tiga sama sisi dengan organisasi cluster, radial, terpusat serta permainan maju-mundur fasade. Spesifikasi rekomendasi desain fasade 4 adalah susunan bentuk geometri segi tiga sama sisi dengan organisasi cluster, radial, terpusat, linier serta permainan fasade yang membentuk ruang.



Gambar 14. Hasil desain 3 dan 4

### 3.5. Penilaian alternatif rekomendasi desain

Alternatif rekomendasi desain dinilai kedinamisan bentuknya melalui tahap kuesioner yang dibagikan kepada 3 golongan responden, masyarakat, praktisi arsitek dan dosen arsitektur. Hasil preferensi keseluruhan responden terhadap fasade eksisting MOG dan ke-4 rekomendasi desain digambarkan dalam diagram berikut:



Gambar 15. Hasil kuesioner dan rekomendasi desain terpilih

Penilaian respon evaluasi dan respon potensi menunjukkan hasil yang sama, dari penilaian respon evaluasi, preferensi responden cenderung tertarik pada rekomendasi desain 3. Sedangkan dari penilaian respon potensi, preferensi responden juga cenderung menilai rekomendasi desain 3 sebagai desain fasade yang paling dinamis diantara rekomendasi desain lainnya.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan tahap-tahap eksplorasi bentuk yang mengacu pada hasil analisis parameter desain, dihasilkan 4 alternatif rekomendasi desain fasade bangunan pusat perbelanjaan MOG. Empat rekomendasi desain tersebut dinilai kedinamisan bentuknya melalui tahap kuesioner yang dibagikan kepada responden golongan akademisi, praktisi dan masyarakat umum. Penilaian responden berupa skala terhadap variabel-variabel bentuk dinamis sehingga dapat mengukur tingkat kedinamisan fasade eksisting maupun rekomendasi desain. Hasil keseluruhan kuesioner merujuk pada satu rekomendasi desain yang paling mewakili penilaian responden dari unsur-unsur pembentuk bentukan yang dinamis. Rekomendasi desain 3 memiliki rata-rata nilai yang paling memenuhi syarat sebagai bentuk dinamis dan yang paling dianggap menarik perhatian responden adalah rekomendasi desain MOG 3. Spesifikasi rekomendasi desain fasade yang terpilih adalah susunan bentuk geometri segi enam dan segi tiga sama sisi dengan organisasi cluster, radial, terpusat serta permainan jarak fasade mulai dari 50cm hingga 2m.

#### Daftar Pustaka

- Bansal, R.K. 2005. *A Textbook Of Theory Of Machines*. Laxmi Publications.
- Ching, F.D.K. 1996. *Arsitektur Bentuk, Ruang, dan Tatanan*. Cetakan ke-6. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fisher, David. 2010. *Dynamic Architecture*. <http://www.dynamicarchitecture.net>. diakses tanggal 18 Oktober 2016 (online)
- Furuhitho, X. 2005, Teori Arsitektur 1, <http://furuhitho.staff.gunadarma.ac.id/>
- Gerber, D. 2007. *Parametric Practices: Models for Design Exploration in Architecture*, Harvard University.
- Iswanto, D. 2006. *Kajian Ruang Ditinjau Dari Segi Proporsi/Skala dan Enclosure*. Jurnal Ilmiah Perancangan Kota dan Permukiman.
- Kenbae, T.Y. 2013, Teknik Mesin Material Komposit, <http://taufik-yoriwe.blogspot.co.id/2013/02/material-komposit.html>. diakses tanggal 12 Desember 2015 (online)

- Poirazis, H. 2004. *Double Skin Façades for Office Buildings*. Lund University, Lund Institute of Technology.
- Srisusana, Jolanda, Sartika, Meydian. 1999. *Estetika Bentuk*. Jakarta: [http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/estetika/Bab\\_2.pdf](http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/estetika/Bab_2.pdf). diakses tanggal 30 Januari 2016 (online)
- Wong, W. 1989. Beberapa asas merancang trimatra, terjemahan Adjat Skari. Bandung: Penerbit ITB.